

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНІКА**

Факультет природничих наук

Кафедра біохімії та біотехнології

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Молекулярна біологія

Рівень вищої освіти – Перший (бакалаврський)

Освітня програма: **Біологія та лабораторна діагностика**

Спеціальність: **Е1 біологія та біохімія**

Галузь знань: **Е Природничі науки, математика та статистика**

Затверджено на засіданні
кафедри біохімії та біотехнології
Протокол № 1 від "26" серпня 2025 р.

Розробник
Марія БАЙЛЯК
Д.б.н, проф.

1. Загальна інформація	
Назва дисципліни	Молекулярна біологія
Викладач (-і)	Байляк Марія Михайлівна
Контактний телефон викладача	-
Е-mail викладача	mariia.bailiak@cnu.edu.ua
Формат дисципліни	Очний
Обсяг дисципліни	3 кредити ЄКТС, 90 год., II курс, IV семестр, екзамен
Посилання на сайт дистанційного навчання	https://d-learn.pnu.edu.ua/course/subscription/through/url/3b88ddb8dc8eb720c0d4
Консультації	Очні групові та онлайн-консультації
2. Анотація до навчальної дисципліни	
<p>Молекулярна біологія – це розділ біології, який вивчає функціонування живих організмів через призму хімічної структури молекул, що входять до складу організмів. Всі живі організми побудовані з неживих хімічних речовин. Як і завдяки чому всі ці речовини разом злагоджено функціонують у живому організмі і таким чином забезпечують «живий стан» та відтворення організму? Яка потужна, регуляційна система діє в цьому випадку? Як у багатоклітинних організмів з однієї зиготи формується так багато видів клітин? Як відбувається розвиток організму, як він адаптується до умов середовища, і чому ми старіємо та хворіємо? Як працює ДНК, яка є сховищем генетичної інформації? Як передається ця інформація і як вона реалізується? Як працюють регуляторні системи? Який зв'язок між геном і білком, генотипом (сукупністю генів) та фенотипом (сукупністю білків) організму? До яких наслідків призводять порушення у регуляторних системах та структурі ДНК? І саме на ці запитання шукає відповіді молекулярна біологія. Що ж до компонентів, які входять у цю систему, – ДНК, РНК, білки, то всі вони мають свою структуру, яка є дуже динамічною і залежить від їх взаємодії. Для вивчення структури, функцій та взаємодії між біомолекулами використовуються як фізико-хімічні та біохімічні (електрофорез, імуноблотінг) методи дослідження, так специфічні молекулярно-біологічні техніки (ПЛР, секвенування, технологія рекомбінатних ДНК, CRISPS/Cas-технологія тощо). Таким чином, у ході вивчення молекулярної біології ви дізнаєтесь про структуру генів та їх функції, механізми регуляції активності генів та методи, які використовуються для вивчення цих питань.</p>	
3. Мета та цілі навчальної дисципліни	
<p>Мета викладання дисципліни: дати поглиблені знання про структуру та функції генетичного матеріалу та механізми регуляції експресії генів у прокариотів та еукаріотів; ознайомити з основними молекулярно-біологічними техніками (методами вивчення структури і функцій нуклеїнових кислот та білків та методами генної інженерії)</p> <p>Цілі курсу: дати уявлення про структуру та методи вивчення структури нуклеїнових кислот, хромосом та білків; дати поглиблені знання про механізми передачі та реалізації генетичної інформації (реплікація ДНК, транскрипція, процесинг, трансляція, мутації, репарація ДНК); ознайомити студентів з сучасними уявленнями про механізми регуляції експресії генів на дотранскрипційному (епігенетичному) рівні, на етапах транскрипції, посттранскрипційних змін РНК, трансляції та посттрансляційних модифікацій білків; ознайомити з ключовими молекулярно-генетичними механізмами, які беруть участь у регуляції розвитку та старіння організму, у адаптації живих організмів до дії несприятливих чинників довкілля; дати</p>	

студентам теоретичні основи основних методів, якими оперує сучасна молекулярна біологія для вирішення важливих теоретичних завдань таких, як розшифрування геному та встановлення подібності між геномами різних організмів, виявлення спадкових патологій та інфекційних захворювань, вивчення експресії генів на різних рівнях реалізації генетичної інформації, та практичних завдань – редагування геному для корекції спадкових порушень та створення генетично модифікованих організмів з корисними для людини властивостями

В результаті вивчення дисципліни студент повинен:

Знати:

основні завдання та напрямки розвитку сучасної молекулярної біології, її взаємозв'язок з іншими біологічними дисциплінами, біотехнологією та медициною; хімічну структуру ДНК, РНК та білків; просторову структуру хромосом; механізм реплікації у прокаріотів, еукаріотів та вірусів; будову та регуляторні елементи генів; механізми транскрипції та трансляції; рівні, на яких здійснюється регуляція експресії генів: епігенетичний, транскрипційний (позитивний і негативний контроль в прокаріотів, регуляція за участю білків регуляторів транскрипції), постраскрипційний (процесинг про-мРНК, деградація РНК), трансляційний, пострасляційний (ковалентна модифікація, активація та інгібування білків); основні методи виділення нуклеїнових кислот та аналізу експресії генів на рівні транскрипції (гель-електрофорез, ПЛР, РНК-секвенування), трансляції (електрофорез та імуноблотінг, використання інгібіторів трансляції), пострасляційних модифікацій (визначення активності білкових продуктів); методи створення і клонування рекомбінантних ДНК з використанням генетичних векторів; методи редагування геному з використанням CRISPR-Cas технології; поняття оперону і регулону, факторів транскрипції; приклади та механізми регуляції на рівні оперонів та регулонів, молекулярно-біологічні особливості відповіді організмів на несприятливі чинники (гіпоксія, оксидативний стрес, дія токсикантів, регуляція імунної відповіді тощо); типи мутацій, фізичні, хімічні та біологічні чинники, які спричиняють мутації; мутації як помилки реплікації; точкові мутації; випадковий та спрямований мутагенез; типи репарації ДНК (репарація вирізанням азотистої основи або нуклеотиду, репарація при реплікації, пряме відновлення пошкоджень).

Вміти:

- пояснити, як будова та хімія нуклеїнових кислот співвідносяться зі своїми функціями, їхньою відносною стабільністю та їхньою взаємодією з білками;
- описати функціональну взаємодію процесів центральної догми молекулярної біології на основі взаємозв'язку між структурою макромолекул та генетичними механізмами;
- розшифровувати генетичний код та визначити послідовність амінокислот у білку на основі даних зі структури мРНК;
- пояснити причини виникнення пошкоджень у ДНК;
- пояснити на конкретних прикладах пояснити механізми фенотипової мінливості при зміні умов;
 - описати, як відбувається регуляція відповіді («включення генів») організму на дію зовнішніх чинників;
 - виділяти ДНК та РНК з біологічного матеріалу, визначати вміст нуклеїнових кислот спектофотометрично; визначати ДНК методом гель-електрофорезу;
 - проводити ПЛР та характеризувати рівень експресії генів, базуючись на даних кількісної ПЛР у реальному часі.

4. Програмні компетентності та результати навчання

ІК01. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми в галузі біології при здійсненні професійної діяльності або у процесі навчання, що передбачає

застосування законів, теорій та методів біологічної науки і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

ЗК03. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК05. Здатність спілкуватися державною мовою як усно так і письмово.

ЗК07. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК08. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.

СК01. Здатність застосовувати знання та вміння з математики, фізики, хімії та інших суміжних наук для вирішення конкретних біологічних завдань.

СК02. Здатність демонструвати базові теоретичні знання в галузі біологічних наук та на межі предметних галузей.

СК03. Здатність досліджувати різні рівні організації живого, біологічні явища і процеси.

СК04. Здатність здійснювати збір, реєстрацію і аналіз даних за допомогою відповідних методів і технологічних засобів у польових і лабораторних умовах.

СК08. Здатність до аналізу механізмів збереження, реалізації та передачі генетичної інформації в організмів.

СК09. Здатність аналізувати результати взаємодії біологічних систем різних рівнів організації, їхньої ролі у біосфері та можливості використання у різних галузях господарства, біотехнологіях, медицині та охороні навколишнього середовища.

СК10. Здатність демонструвати знання механізмів підтримання гомеостазу біологічних систем.

СК12. Здатність до організації лабораторних та польових досліджень і вибору релевантних методів для їх забезпечення.

СК14. Здатність до побудови моделей біологічних процесів та обробки значних масивів емпіричних даних.

СК15. Здатність до чіткого виокремлення причинно-наслідкових зв'язків між структурною організацією, принципами функціонування фізіологічних систем та середовищем існування.

Програмні результати навчання

ПР01. Розуміти соціальні та економічні наслідки впровадження новітніх розробок у галузі біології у професійній діяльності.

ПР06. Застосовувати моделі, методи і дані фізики, хімії, екології, математики у процесі навчання та забезпечення професійної діяльності.

ПР08. Знати та розуміти основні терміни, концепції, теорії і закони в галузі біологічних наук і на межі предметних галузей.

ПР09. Дотримуватися положень біологічної етики, правил біологічної безпеки і біологічного захисту у процесі навчання та професійній діяльності.

ПР11. Розуміти структурну організацію біологічних систем на молекулярному рівні.

ПР12. Демонструвати знання будови, процесів життєдіяльності та функцій живих організмів, розуміти механізми регуляції фізіологічних функцій для підтримання гомеостазу біологічних систем.

ПР13. Знати механізми збереження, реалізації та передачі генетичної інформації та їхнє значення в еволюційних процесах.

ПР16. Знати будову та функції імунної системи, клітинні та молекулярні механізми імунних реакцій, їх регуляцію, генетичний контроль; види імунітету та методи оцінки імунного статусу організму.

ПР17. Розуміти роль еволюційної ідеї органічного світу.

ПР19. Застосовувати у практичній діяльності методи визначення структурних та функціональних характеристик біологічних систем на різних рівнях організації.

ПР24. Аналізувати фізико-хімічні властивості та функціональну роль біологічних макромолекул і молекулярних комплексів живих організмів, характер взаємодії їх з іонами, молекулами і радикалами, їхню будову й енергетику процесів.

ПР27. Мати ключові розуміння будови і функцій фізіологічних систем живих організмів.

5. Організація навчання

Обсяг навчальної дисципліни

Вид заняття	Загальна кількість годин
лекції	14
Практичні (лабораторні) заняття	16
самостійна робота	60

Ознаки курсу

Семестр	Спеціальність	Курс (рік навчання)	Нормативний / вибірковий
	Е1 біологія та біохімія		нормативний

Тематика навчальної дисципліни

Тема	Кількість годин		
	лекції	практичні	сам. роб.
Тема. ВСТУП ДО МОЛЕКУЛЯРНОЇ БІОЛОГІЇ. Предмет та завдання молекулярної біології. Історія розвитку. Досягнення та перспективи молекулярної біології. Основна догма молекулярної біології. Потік генної інформації в про- та еукаріотів.	2		4
Тема. СТРУКТУРА, ФУНКЦІЇ ТА ВИДІЛЕННЯ НУКЛЕЙНОВИХ КИСЛОТ. Структурна організація ДНК. Організація генетичного апарату еукаріотів: хромосоми. Активний і неактивний хроматин. Нуклеопротеїди прокаріотів. ДНК мітохондрій і хлоропластів. Методи виділення ДНК та РНК. Спектрофотометричне визначення нуклеїнових кислот.	1	4	6
Тема. РЕПЛІКАЦІЯ ДНК. Реплікація ДНК – загальні положення. Утворення фосфодієфірного зв'язку. ДНК-полімерази. Реплікація ДНК <i>E.coli</i> . Реплікація ДНК еукаріотів. Реплікація на кінцях лінійних хромосом. Теломерна теорія старіння. Полімеразна ланцюгова реакція.	1	2	6
Тема. МОЛЕКУЛЯРНІ ОСНОВИ МУТАГЕНЕЗУ. Пошкодження ДНК. Типи мутацій. Хімічна модифікація азотисних основ. Радіаційне пошкодження. Помилки ДНК-полімерази і систем репарації. Розтягування подвійної спіралі. Біологічний мутагенез. Спрямований мутагенез	1	2	4
Тема. РЕПАРАЦІЯ ДНК. Ферменти, які беруть участь в репарації. Репарація ДНК шляхом прямого відновлення пошкоджень. Репарація вирізанням у <i>E.coli</i> . Репарація при реплікації.	1		4

Репарація неспарених основ. SOS-репарація у бактерій.			
Тема. ТРАНСКРИПЦІЯ. Загальні положення. Ініціація та власне транскрипція. Термінація. РНК-полімерази про- і еукаріот та архебактерій. Процесинг РНК. Альтернативний сплайсинг. Рибозими.	1		4
Тема. РЕГУЛЯЦІЯ ЕКСПРЕСІЇ ГЕНІВ. Загальні положення. Епігенетичні механізми регуляції експресії генів. Методи вивчення експресії генів. ДНК-зв'язуючі білки. Негативний контроль. Механізми індукції та репресії. Конститутивні білки та базальний рівень експресії. Оперони та регулони. Позитивний контроль. Альтернативні σ -фактори. Атенуація транскрипції. Глобальний контроль. Проведення сигналу і двохкомпонентні регуляторні системи. Особливості експресії генів у про- та еукаріотів. Антисенсові нуклеїнові кислоти.	2	4	10
Тема. ЛАКТОЗНИЙ ОПЕРОН <i>E.coli</i> . Загальні положення. Структура лактозного оперону <i>E.coli</i> . Білок-репресор та механізм його дії. «Безпричинна» індукція. Катаболітна репресія.	1		
Тема. МОЛЕКУЛЯРНІ ОСНОВИ ВІДПОВІДІ НА ОКСИДАТИВНИЙ СТРЕС, ГПОКСІО ТА ДІО ТОКСИКАНТІВ. Поняття про оксидативний стрес. SoxRS та OxyR система бактерій. Yap1-регулон у дріжджів. Nrf2-Keap1-система у ссавців. NF-kB система в імунній відповіді. NIF-1-alpha та гіпоксія. Визначення рівня експресії мішеней транскрипційних факторів	2	2	12
Тема. ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ СТВОРЕННЯ ГЕННО-МОДИФІКОВАНИХ ОРГАНІЗМІВ. Ферменти, які використовуються у молекулярному клонуванні. Рестриктази. Технологія створення рекомбінантних ДНК. CRISPR/Cas-технологія	1	2	6
Тема. ТРАНСЛЯЦІЯ. Загальні положення. Активування амінокислот. Ініціація трансляції. Елонгація поліпептидного ланцюга і термінація синтезу. Фолдинг білків та пострансляційна модифікація білків	1		4
Загалом:	14	16	60

6. Система оцінювання навчальної дисципліни

Загальна система оцінювання навчальної дисципліни	Система оцінювання навчальної дисципліни визначена Положенням про організацію освітнього процесу та розробку основних документів з організації освітнього процесу в Прикарпатському національному університеті імені Василя Стефаника (Наказ ректора від 03 липня 2025 р. №572) В освітньому процесі використовуються такі види контролю: вхідний, поточний, підсумковий та відстрочений.
---	--

	<ul style="list-style-type: none"> • Вхідний контроль проводиться перед вивченням нового курсу з метою визначення рівня підготовки здобувачів вищої освіти з дисциплін, які забезпечують цей курс. • Поточний контроль проводиться науково-педагогічними працівниками на всіх видах аудиторних занять з метою забезпечення зворотного зв'язку між науково-педагогічними працівниками та здобувачами вищої освіти у процесі навчання, забезпечення управління навчальною мотивацією здобувачів вищої освіти. • Підсумковий контроль забезпечує оцінку результатів навчання здобувачів вищої освіти певного освітнього рівня на проміжному або завершальному етапах їх навчання. Він включає семестровий контроль і атестацію. • Відстрочений контроль або контроль залишкових знань проводиться через деякий час після вивчення навчальної дисципліни. <ol style="list-style-type: none"> 1. Підготовка публікації до друку та/або виступу на конференції за тематикою дисципліни (до 5 балів) 2. Участь у вебінарі чи прослуховування курсу за тематикою дисципліни (до 30 балів) 3. Участь у студентських наукових конкурсах та олімпіадах (до 5 балів)
<p>Вид навчальної роботи</p> <p>Поточний контроль</p> <p>Лекція 10</p> <p>Лабораторні заняття 25</p> <p>Самостійна робота 5</p> <p>Підсумкова контрольна робота 10</p> <p>Підсумковий контроль</p> <p>екзамен 50</p> <p>Додаткові заохочувальні бали, які можуть доповнити оцінку до 100 балів (50)</p> <p>Разом 100</p> <p>Заохочувальні бали</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Підготовка публікації до друку та/або виступу на конференції за тематикою дисципліни (до 5 балів) 2. Участь у вебінарі чи прослуховування курсу за тематикою дисципліни (до 30 балів за курс) <p>Участь у студентських наукових конкурсах та олімпіадах (до 5 балів)</p>	<p>Максимальна кількість балів</p> <p>50</p>
<p>Вимоги до письмової роботи</p>	<p>У письмовій роботі студент повинен продемонструвати уміння синтезувати теоретичні і практичні знання, отримані в межах одного змістового модуля. Під час підсумкового модульного завдання розглядаються контрольні питання, тести, ситуаційні задачі, запропоновані у методичних розробках для студентів, здійснюється контроль практичних навиків і умінь за темами змістового модуля. Усі відповіді повинні бути подані чітко, грамотно, у заданій послідовності.</p>
<p>Умови допуску до підсумкового контролю</p>	<p>Здобувач освіти вважається допущеним до семестрового контролю (семестрового екзамену), якщо він виконав усі види робіт, передбачені силабусом навчальної дисципліни.</p>

Підсумковий контроль	Підсумковий семестровий контроль проводиться у формі (письмовій, усній, тестовій), визначеній відповідною кафедрою. При цьому тривалість письмової компоненти не повинна перевищувати дві академічні години. Семестровий контроль у формі екзамену виставляється на основі результатів роботи студента впродовж усього семестру, підсумкова кількість балів з дисципліни складає максимум 50, за роботу під час екзамену максимально студент може набрати 50 балів.
----------------------	---

7. Політика навчальної дисципліни

Здобувачі освіти і науково-педагогічні працівники зобов'язані дотримуватися встановлених норм академічної доброчесності, що визначені [Положенням](#) про запобігання академічному плагіату та іншим порушенням академічної доброчесності у навчальній та науково-дослідній роботі здобувачів освіти Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника (Наказ ректора від 27 вересня 2022 р. №529).

Здобувачі освіти і науково-педагогічні працівники зобов'язані дотримуватися загальних морально-етичних принципів і правил поведінки, визначених [Кодексом](#) честі Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника (Наказ ректора від 7 вересня 2022 р. №530).

Студенти зобов'язані відвідувати заняття, незалежно у якій формі вони проводяться (авдиторно, дистанційно, індивідуальний графік навчання). Систематичні пропуски занять, без поважних на те причин, є підставою для недопущення окремих студентів до складання семестрового контролю. Відпрацювання пропусків без поважних причин дозволяється лише за заявою на ім'я декана і набуття чинності відповідного розпорядження. Пропуски занять за поважних причин, підтверджених документально, відпрацьовуються без попередніх узгоджень.

Обов'язковим є відвідування практичних занять, до лекційних занять – такої жорсткої вимоги немає (за умови, якщо студент спроможний самостійно опрацювати лекційний матеріал на основі конспекту лекцій, підручників та додаткових матеріалів, наданих для підготовки). Водночас, при поточному оцінюванні враховується активність студента на лекціях – його питання, коментарі, відповіді на поставлені питання. На заняттях не дозволяється користуватися мобільними телефонами та чи іншими мобільними пристроями (крім випадків, передбачених навчальним планом та методичними рекомендаціями викладача). Забороняється займатися сторонніми справами на занятті (н-д, готуватись до інших занять та спілкуватись у соцмережах).

Поточний контроль – оцінювання активності на лекціях, лабораторних заняттях здійснюється або за 4-бальною або 100-бальною шкалою. У кінці семестру отримані оцінки підсумовуються і переводяться у відповідну кількість балів за 100-бальною системою. Максимальна кількість балів за поточний контроль – 35 балів. Цю кількість балів студент може отримати за умови, якщо всі поточні оцінки «відмінно» і він не має пропусків занять без поважних причин (пропуски з поважних причин – відпрацьовані). У разі виконання завдання студентом пізніше встановленого терміну, без попереднього узгодження ситуації з викладачем, оцінка за завдання може бути або «незадовільно» або знизитися на половину встановлених балів (деталі вказуються перед видачою завдання). У випадку наявності незадовільних оцінок за 50% і більше на заняттях і невиконання самостійної роботи, курс буде вважатися як непройдений студентом і потребуватиме повторної здачі.

На екзамені додатково враховуватимуться здатність працювати у команді (на лабораторних заняттях), очна участь студентів у конференціях, семінарах та тренінгах за темою курсу, якщо студент працює у напрямку. Можливість зарахування результатів неформальної освіти. Рекомендовані платформи: Coursera, EdX, Prometheus. Сумарна максимальна кількість додаткових балів за пройдені курси - 50 балів.

8. Рекомендована література

1. Конспект лекцій у системі дистанційного навчання
2. Гонський Я. І., Максимчук Т. П. Біохімія людини: підручник .-3-тє вид., випр. і доп.- Тернопіль:Укрмедкнига, 2019 . 732 с.
3. Молекулярна біологія : підручник / А.В. Сиволоб. К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 384 с.
4. David P. Clark, Nanette J. Pazdernik and Michelle R. McGehee. Molecular Biology. Book Third Edition. 2019. <https://www.sciencedirect.com/book/9780128132883/molecular-biology>
5. Weaver, R. (2011). EBOOK: Molecular Biology. McGraw Hill.
6. Lushchak V.I., Adaptive response to oxidative stress: Bacteria, fungi, plants and animals. *Comp. Biochem. Physiol. C Toxicol. Pharmacol.* 2011. Vol. 153, N 2. P. 175-190.
7. Marinho H.S, Real C., Cyrne L., Soares H., Antunes F. Hydrogen peroxide sensing, signaling and regulation of transcription factors. *Redox Biol.* 2014. Vol. 2. P. 535-562.
8. Semchyshyn H. Hydrogen peroxide-induced response in *E. coli* and *S. cerevisiae*: Different stages of the flow of the genetic information. *Central European Journal of Biology.* 2009. Vol. 4, Issue 2. P.142-153.
9. Merino E., Jensen R.A., Yanofsky C. Evolution of bacterial trp operons and their regulation. *Curr Opin Microbiol.* 2008. Vol. 11, N2. P.78-86.
10. Yamada T., Nagahama M., Akimitsu N. Interplay between Transcription and RNA Degradation. In: *Gene Expression and Regulation in Mammalian Cells - Transcription From General Aspects*, Ed. F. Uchiumi, IntechOpen, 2018. P. 97-114.
11. Ledford, H. CRISPR: gene editing is just the beginning. *Nature* 531, 156–159 (2016)
12. Lee, T. I., & Young, R. A. (2013). Transcriptional regulation and its misregulation in disease. *Cell*, 152(6), 1237–1251. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2013.02.014>
13. Wagh, K., Ishikawa, M., Garcia, D. A., Stavreva, D. A., Upadhyaya, A., & Hager, G. L. (2021). Mechanical Regulation of Transcription: Recent Advances. *Trends in cell biology*, 31(6), 457–472. <https://doi.org/10.1016/j.tcb.2021.02.008>
14. Husak V., Bayliak M. Molecular mechanisms of chromium tolerance in plants: A key role of antioxidant defense. In: Kumar, N., Walther, C., Gupta, D.K. (eds) *Chromium in plants and environment*. Environmental Science and Engineering. Springer, Cham, 2023. pp. 443–479 https://doi.org/10.1007/978-3-031-44029-8_16
15. Bayliak, M. M., Gospodaryov, D. V., & Lushchak, V. I. (2023). Homeostasis of carbohydrates and reactive oxygen species is critically changed in the brain of middle-aged mice: molecular mechanisms and functional reasons. *BBA Advances*, 100077. <https://doi.org/10.1016/j.bbadv.2023.100077>
16. Balatskyi, V., Gospodaryov, D., Abrat, O., Strilbytska, O., Demianchuk, O., Tkachyk, A., Vasylyshyn, O., Lushchak, O., Lushchak, V. I., & Bayliak, M. (2025). Differential long-term effects of physical, social, and psychological stressors in male mice: down-regulation of inflammatory markers and unresponsiveness of the antioxidant system. *Physiology & behavior*, 301, 115065. Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2025.115065> Q2
17. Bayliak M.M., Abrat O.B. (2020) Role of Nrf2 in Oxidative and Inflammatory Processes in Obesity and Metabolic Diseases. In: Deng H. (eds) *Nrf2 and its Modulation in Inflammation*. Progress in Inflammation Research, vol 85. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-44599-7_7
18. Lushchak, V. I., Storey, K. B. (2021). Oxidative stress concept updated: Definitions, classifications, and regulatory pathways implicated . *EXCLI Journal*, 20, 956-967. <https://doi.org/10.17179/excli2021-3596>

Відео

Реплікація ДНК <https://www.youtube.com/watch?v=TNKWgcFPHqw>

Транскрипція у прокариотів <https://www.youtube.com/watch?v=nJK-l7ByQAs>
Триптофановий оперон https://www.youtube.com/watch?v=EvLy_1_Y3tk
Лактозний оперон <https://www.youtube.com/watch?v=g9GvmofU6jQ>
Трансляція <https://www.youtube.com/watch?v=qIwrhUrvX-k>
Експресія генів у прокариотів та еукаріотів
<https://www.youtube.com/watch?v=JQIwwJqF5D0>
CRISPR/Cas-технологія https://www.youtube.com/watch?v=6tw_JVz_IEc
Регуляція експресії генів <https://www.youtube.com/watch?v=PTKF1hpmcWQ>
ПЛР https://www.youtube.com/watch?v=DH7o9Df5_50
Гель-електрофорез ДНК <https://www.youtube.com/watch?v=dSFQht-zIQs>
Імуноблотинг https://www.youtube.com/watch?v=Ll_7z4YS2Ak
Структура ДНК та хромосом <https://www.youtube.com/watch?v=OjPcT1uUZiE>
Від ДНК до білка <https://www.youtube.com/watch?v=D3fOXt4MrOM>
Структура та функції ДНК <https://www.youtube.com/watch?v=RA9n0Enu5Gw>
Технологія рекомбінантних ДНК https://www.youtube.com/watch?v=ZW9zPdb_Bs0
Репарація ДНК <https://www.youtube.com/watch?v=sr-ajrgvg5s>

Викладач
Марія БАЙЛЯК
д.б.н., проф.